



顔画像解析による心理状態推定に関する研究

著者	田中 秀典, 安田 敏和, 長島 知正
雑誌名	サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー 年報
巻	8
ページ	43-46
発行年	2009-03
URL	http://hdl.handle.net/10258/491

顔画像解析による心理状態推定に関する研究

田中秀典¹⁾, 安田敏和(M2)²⁾, 長島知正^{1,3)}

1) 室蘭工業大学 サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー

2) 室蘭工業大学大学院 情報工学専攻 3) 室蘭工業大学 情報工学科

1. はじめに

今日、コンピュータの性能は著しく向上した超小型化が進み、通信機器や様々な家電製品に組み込まれるようになってきた。しかし、これらのインタフェースは利用する人間にとって必ずしも快適であるとはいえない。そこで、使い手の立場に立った人間とコンピュータをより密接に繋ぐヒューマンインタフェースの開発が必要だと言われている。その開発には人間の非言語的な情報を形式化・客観化する、コンピュータに理解させる技術が必要である。

この非言語的な情報とは、「知ってはいるが言語化できない知識」であり暗黙知と呼ばれている。一般的に知識は、暗黙知と形式知（何らかの形で他人に伝達できる状態になっている知識）に分けられるが、人の持つ知識は暗黙知が中心であると言われている[1]。この暗黙知の代表的なものに「顔から感情を読み取る知識」がある。顔には、人の内的な状態である感情を表す情報が多く含まれていると言われている。

顔の情報を利用し、顔画像から人の心理状態を推定しようとする研究は多く行われている。その推定手法に近年今井によって提案されたデジタルカメラで撮影された顔画像の肌色情報から交感神経系活性度を評価し、ストレスを測ろうとする手法がある[2]。(便宜上この手法を本研究ではデジタルカメラ画像解析と呼ぶ) この手法では、血流量から交感神経系活性度を評価しているが、血流量は交感神経系の働きだけで変化する訳ではなく、静的運動負荷状態などでも変化する[3]。そのため、血流量だけを見て交感神経系活性度を測ろうとすることには問題があると思われる。

本研究では顔画像の肌色情報と表情情報を組み合わせることで、心理状態推定の精度をより向上できないかを検討する。肌色情報の抽出には今井のデジタルカメラ画像解析を使用し、表情情報の抽出にはオブティカルフローを使用する。具体的には、肌色情報では識別できないと思われる肌色が赤くなる2つの異なった状態（リラックス状態と静的運動負荷状態）を肌色情報と表情情報の組み合わせで識別できないか検証し、この組み合わせによる心理状態推定の有効性を示すことを目的とする。

2. デジタルカメラ画像解析

一般に人はストレスを受けると交感神経系が優位となり、皮膚血管が収縮し血流量が低下すると言われ、またリラックスすると副交感神経系が優位となり、皮膚血管が拡大し血流量が増加すると言われている。

今井のデジタルカメラ顔画像解析ではこの血流量の変化を利用し、交感神経系の活性度を評価している。

まず撮影した被験者の顔画像に、独立成分分析 (Independent Component Analysis ; ICA) を適用し、ヘ

モグロビン色素成分とメラニン色素成分に分離する(図1)。このヘモグロビン色素成分より血流量を推定し、額部と鼻部の血流量から交感神経系活性度を推定する。

鼻部には動静脈吻合 (AVA) 血管が多く分布しており、AVA 血管の血流は通常の皮膚の血流量と比較して著しく多量であり、自律神経系の影響を受けてオン・オフ的な挙動を示す特徴がある。その一方で、額部は自律神経系の影響による血流量の変化がほとんどないという特徴があることから、額部領域のヘモグロビン色素成分量を用いて鼻部領域のヘモグロビン量を正規化し、交感神経系活性度として評価している。以下にデジタルカメラ画像解析の詳しい評価手順を示す。

(1) デジタルカメラと偏光フィルタを用いて、表面反射成分を取り除いた被験者の顔画像を撮影する。

(2) Tsumura らの色素分離手法により、撮影した顔画像からヘモグロビン色素成分、メラニン色素成分、陰影成分を分離する。

(3) 顔画像から額部領域 R_f 及び鼻部領域 R_n を抽出する。

(4) R_f 内のヘモグロビン色素成分量データより R_n 内のヘモグロビン色素成分量データを次式により正規化する。

$$\rho'_h(x, y) = \frac{\rho_h(x, y) - \bar{\rho}_h^f}{\sigma_f} \quad (\forall (x, y) \in R_n) \quad (1)$$

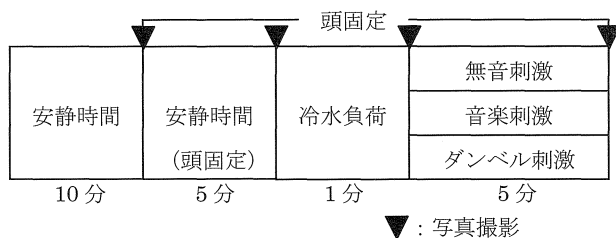
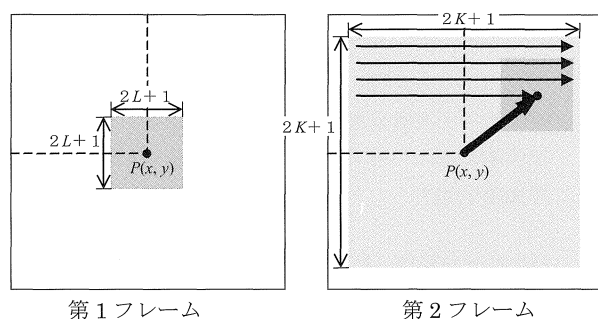
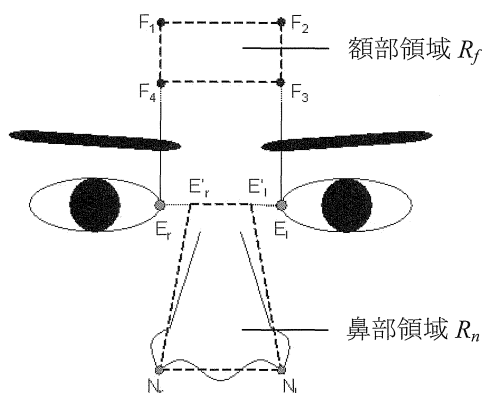
ここで ρ_h 及び ρ'_h はそれぞれ正規化前及び後のヘモグロビン色素成分量データ、 $\bar{\rho}_h^f$ 及び σ_f はそれぞれ額部領域 R_f 内のヘモグロビン色素成分量データの平均と標準偏差を表す。

(5) R_n 内の平均ヘモグロビン色素成分量を求め、-1 を乗じた値を交感神経系活性度として出力する。

額部領域と鼻部領域については次のように抽出する。まず、得られた顔画像から両目の内眼角の端点 E_b , E_r と左右の小鼻の下端点 N_b , N_r を特徴点として手で指定する(図2)。次に、指定した特徴点から以下のように領域を定める。

[額部領域 R_f] 線分 $E_r E_l$ を一辺とする正方形を作り、その上に縦の長さ $E_r E_l / 2$ 、横の長さ $E_r E_l$ の長方形を作って額部領域 R_f とする。

[鼻部領域 R_n] 線分 $E_r E_l$ を 1:2:1 に内分する点と N_b , N_r を結んでできる四角形を鼻部領域とする。



3. オプティカルフロー

オプティカルフローは、2枚以上の連続したフレーム画像中にある物体の動きを複数の移動ベクトルによって表現するものであり、顔画像に適用することによって、頬やまぶたの表情筋など、顔部品としての特徴点のない領域でも動きの検出が可能である[4]。また、オプティカルフローは顔の個人差に捉われることなく推定が可能であるため、機械的处理に向いている。オプティカルフローを求める方法には、輝度値の急激に変化する場所でもフローベクトルの誤差が少なく雑音にも強いされているテンプレートマッチング法を用いる。

ここでテンプレートマッチング法を使ったオプティカルフローの求め方を示す。まず図3に示すように、第1フレームの任意の画素 $P(x, y)$ に対する第2フレーム中での対応点をブロック間のパターンマッチングに基づいて決定する。ここで、図3において、第1フレームの $2L+1$ はテンプレートの1辺の長さを、第2フレームの $2K+1$ は探索範囲の1辺の長さをそれぞれ表している。

第1フレームの注目点の第2フレームでの対応点が決定されたら、その対応点を終点、第1フレームの注目点を始点とするベクトルを注目点の速度ベクトルにする。(図の太線ベクトル) もしも注目点が静止していれば速度ベクトルは0になる。この処理を第1フレーム中の各画素に対して行うことによって、第1フレームのオプティカルフローが決定される。

4. 実験

4.1 実験手順

本実験では、リラククス状態の誘発にリラククス音楽を使用し、静的運動負荷状態をダンベルの持ち上げ運動で誘発する。実験は室温が一定に保たれた実験室で行い、被験者は健康な成人男性8名とした。実験の流れを図4に示す。まず、実験環境に被験者を慣らすため約10分の安静時間を取る。その後、頭を固定具で固定し写真を撮影する。頭を固定することで、顔を正面に固定し、オプティカルフローへの影響をなるべく抑えるためである。このあと実験が終了するまで頭は固定したままにする。その後、安静時間を5分間取り再び写真を撮影する。続いてストレス刺激として冷水負荷を与える。負荷を与えている状態で1分後に写真を撮影する。ここで使用した冷水負荷とは5℃の冷水に右手の手首までを浸漬するというものである。その後用意した5分間の刺激を与え、写真を撮影する。実験は被験者ごとに1日1セットとし、全3セットを違う日に行うようにした。刺激の実行順序はランダムとした。写真は、デジタルカメラ(ニコン製 D70)を用い画素数 3008×2000 で撮影した。撮影時は陰影をできるだけ減らすため左右2方向からの光源(ハロゲンランプ)を使用し、表面反射光を除去するためにデジタルカメラのレンズおよび光源の前に、偏光方向が互いに直交する向きに偏光板を取り付けた。本実験での実験環境を図5に示す。顔を固定することによるストレスをなるべく抑えるため、実験開始前に頭を固定した状態で一番楽な姿勢が取れるよう調節した。

4. 2 刺激

用意した刺激は次の3種類である。

- ・無音刺激（無音）
- ・リラックス音楽刺激（音楽）
- ・ダンベル刺激（ダンベル）

リラックス音楽刺激には、一般にリラックス効果があるとして知られている「G線上のアリア（J.S.バッハ）」（5分）を用い、被験者に聴取させた。これは過去の研究でもリラックス効果が示されている[5]。ダンベル刺激は、時間経過の影響を考慮し、他の刺激と同じ5分経過時に、被験者に片方約20kgのダンベルを両手に持たせ、持ち上げ動作に移ってから5秒たった時点で写真撮影をするものとした。

4. 3 オプティカルフロー解析

ここで本研究でのオプティカルフロー解析方法について示す。まず、撮影されたデジタルカメラ画像をフリーウェアのIrfanViewを用いて、JPEG形式からPGM形式に変換する。そして両目の目頭を結ぶ直線が水平となるように回転させる。さらに、頭の前後のぶれによる顔の拡大・縮小を吸収するために、被験者ごとに両目の目頭を結ぶ直線の長さが一定になるようにする。そして両目頭の間の中心点を基準に、顔の位置がそれぞれ同じ座標位置になるように正規化する。この正規化した画像間でフローベクトルを求める。

しかし、このままフローベクトルを求めると雑音が多く含まれてしまう。そこで、雑音を抑えるために、フローの大きさと方向について数回の平滑化処理を行う。今回の実験では、この処理の回数を10回とした。この回数は実際に何回か平滑化処理を行い、その結果を見て決定した。

しかし、この処理である程度の雑音は除去できても完全には取り除けない。また、雑音と正しい情報とを完全に切り離すことは難しい。以上の理由から、ある一定の領域を決めて、その領域内での大まかな動きを検出することにした。

本研究では、実際にフローを求めた画像を見て、フローが多く検出されていると判断した眉間領域内で検出されたフローの大きさを合計した値を領域内のフロー数で割って正規化し、それぞれ比較した。この値を「眉間フロー量」とし、この値から表情の変化を検出することにした。眉間領域は図2の四角形 $E_1E_2F_3F_4$ とする。

5. 実験結果

5. 1 デジタルカメラ画像解析結果

デジタルカメラ画像解析による交感神経系活性度の経時的変化の被験者8人の平均を図6に示す。ここで交感神経系活性度として示す値は、ヘモグロビン色素成分量に-1を乗じた値で、今井らはこの数値が高いほど交感神経系の活性度が高く、ストレスを感じている状態であるとしていた。この節では、便宜上今井らの主張に則ってこの値を交感神経系活性度と呼ぶ。図6を見ると、どの刺激の実験でも冷水負荷中に交感神経系活性度が高くなっている。また、どの刺激後の交感神経系活性度も冷水負荷中より低くなっている。そこで、この交感神経系活性度の低下量、すなわち今井の主張に則るとストレス状態からの回復量とされる

値を刺激ごとに比較する。被験者8人の回復量の平均値を図7に示す。どの刺激でもストレス状態から回復しているとする結果になっている。また、回復量は無音、音楽、ダンベルの順に高くなっている。この結果だけでは、リラックスしているとは思われないダンベル刺激で一番リラックスしているという解釈になってしまう。

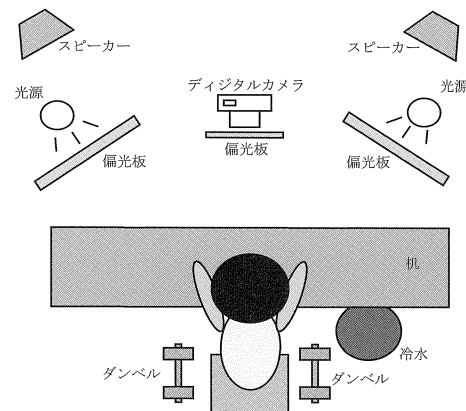


図5：実験環境

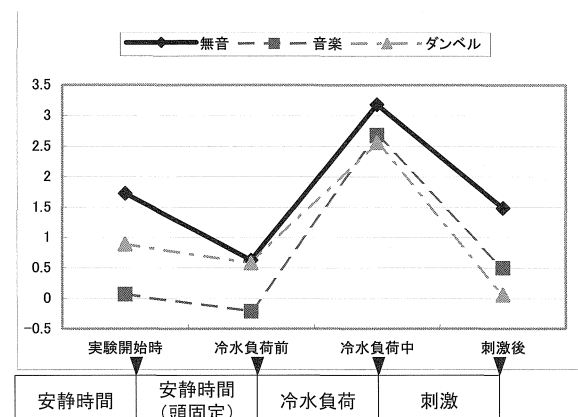


図6：各刺激の交感神経系活性度の平均値（8人）

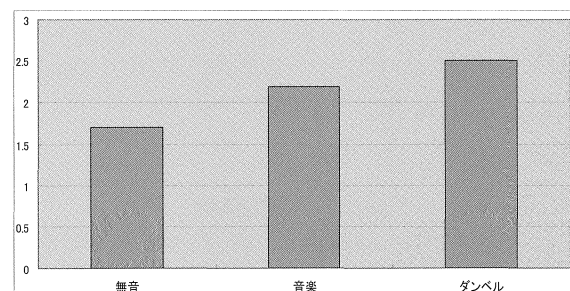


図7：冷水負荷ストレスからの平均回復量（8人）

5. 2 オプティカルフロー解析結果

まず、頭固定直後から他の撮影時刻への表情の変化を解析する。なお、この解析では頭固定直後から冷水負荷前への表情の変化が各実験間で大きく異なつた被験者1人を比較条件に合わないとして判断し除き、ほか7人の結果を見る。結果のグラフは図8に示す。図8に示す1_2とは、頭固定直後（1枚目撮影時）から冷水負荷前（2枚目撮影時）への表情の変化のことを表し、1_3、1_4も同様の意味で用いる。

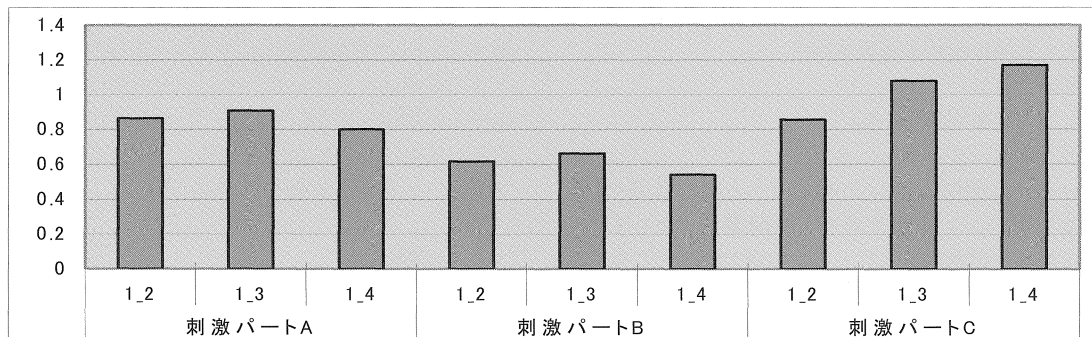


図8：頭固定直後の表情からの変化（眉間フロー量7人平均）

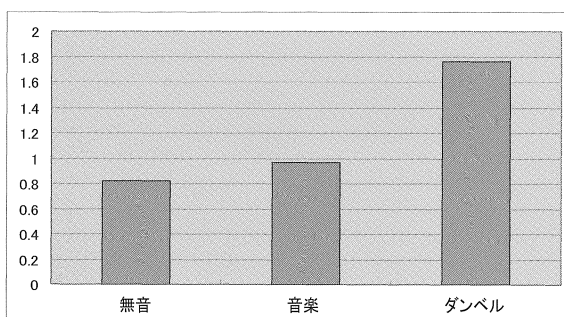


図9：冷水負荷中から各刺激後への表情の変化（眉間フロー量8人平均）

図8を見ると、どの刺激の実験でも1_2のフロー量の値に比べ1_3のフロー量の値が高くなっている。また、無音、音楽刺激では1_3のフロー量の値より1_4のフロー量の値が低くなっている。ダンベル刺激では逆に1_3のフロー量の値より1_4のフロー量の値が高くなっている。しかしこの結果では、変化の仕方の違いは見られるが、量的な差がそれほど大きく表れてはいない。これは、基準とした1枚目の顔画像を撮影する時点で、様々な要因により各実験間で実験開始時に被験者の状態が一定に揃っていなかったためではないかと考えられる。そこで別の解析方法として、被験者の状態が一定に揃うと考えられる冷水負荷中の表情を基準にした、冷水負荷中から各刺激後への表情の変化についても解析する。冷水負荷中の表情から各刺激後の表情への変化を図9に示す。図9を見ると、ダンベル刺激の3_4の眉間フロー量の値が他の刺激より高くなっている。

6. 考察

6.1 デジタルカメラ画像解析

すべての刺激の実験で冷水負荷中に交感神経系活性度が高くなった。これは、今井のデジタルカメラ画像解析で冷水負荷によるストレスが計測できたことを示している。また、ストレス状態からの回復量は無音、音楽、ダンベルの順に高くなった。これではダンベルを持ち上げた時が一番リラックスしているという誤った解釈になってしまい、リラックス状態と静的運動負荷状態を識別できない問題点が表れていると考えられる。またこの結果は、顔が赤くなる2つの異なった状態の誘発が用意した刺激によって成功したことを表していると考えられる。

6.2 オプティカルフロー解析

頭固定直後から他の撮影時刻への表情の変化を見た解析

方法では、どの実験でも冷水負荷前への表情変化より冷水負荷中への表情変化が大きくなった。これは冷水負荷ストレスにより表情が変化したものと考えられる。また冷水負荷中への表情変化と刺激後への表情変化を比べると、無音、音楽刺激では刺激後の表情変化が小さくなり、逆にダンベル刺激では刺激後の表情変化が大きくなった。これは、リラックスすることで表情が頭固定直後の表情に戻り、ストレスを受けることで表情がさらに変化したものと考えられ、表情の変化の仕方に違いが見られた。また、冷水負荷中から各刺激後への表情の変化をみた解析方法では、ダンベル刺激での表情変化が一番大きく、変化量で違いが見られた。

7. まとめ

肌色情報のみを利用しているデジタルカメラ画像解析では静的運動負荷状態とリラックス状態をとともにリラックス状態であると解釈してしまう問題点が表れたが、表情情報を用いたオプティカルフロー解析で静的運動負荷状態とリラックス状態に差を見ることができた。よって、これらの組み合わせで心理状態の推定精度を向上できる可能性が示唆された。しかし今回の実験では、肌色情報が一定で表情情報が変化する場合についてのみの検討であったため、逆に表情情報が一定で顔色に変化する場合についての検討も今後必要であると考えられる。また、眉間領域のフローの大きさだけでなく方向や、他の部分のフローについても検討が必要であると思われる。また、デジタルカメラ画像解析、オプティカルフロー解析とともに精度・安定性の向上などの課題があると思われる。

参考文献

- [1] 椎塚久雄, “感性システムのフレームワークと感性工学の展望”, 日本感性工学会誌, Vol.4, No.4 pp.3-16, 2006.
- [2] 今井順一, 福本誠, 金子正秀, 長島知正, “顔面の肌色解析による交感神経系活性度の非侵襲的評価”, 電子情報通信学会論文誌D, 情報・システム, Vol.89, No.8 pp.1869-1876, 2006.
- [3] 山田貴志, 渡辺富夫, “力覚ディスプレイを用いた顔面皮膚温と顔色の分析”, 弓削商船高等専門学校紀要, Vol.25 pp.23-27, 2003.
- [4] 安居院猛, 長尾智晴, “C 言語による画像処理入門”, 昭晃堂, 2000.
- [5] 菅野和之, “非接触計測手法による音楽のストレス緩和効果の検討”, 室蘭工業大学大学院平成17年度修士学位論文, 2006.